

## GRAVIMETRICKÉ OVĚŘOVÁNÍ ANOMÁLIÍ VDV NA OSTROVSKÉ PLOŠINĚ V MORAVSKÉM KRASU

Validation of VLF anomalies on Ostrovská plošina plateau in the Moravian karst area by gravity survey

Pavel Kalenda<sup>1</sup>, Pavol Mravec<sup>2</sup>, František Musil<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ústav Struktury a Mechaniky hornin AV ČR, V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8; e-mail: [pkalenda@volny.cz](mailto:pkalenda@volny.cz)

<sup>2</sup> Holštejnská skupina ZO 6-15 ČSS, Ondráčkova 229, 628 00 Brno

<sup>3</sup> Pustožlebská skupina ZO 6-25 ČSS, Svatopetrská 7, 617 00 Brno

(24–23 Protivanov)

**Key words:** microgravity survey, cave, karst area

### Abstract

The aim of the gravity survey was to verify some of VLF anomalies, which were found in 2006–8 field surveys (Kalenda and Duras 2007, Kalenda and Duras 2008). The anomaly on profile P1 near the Tannenberg quarry was recognised as probably free-space cave outside valley axes. The anomaly on profile P2 near the Cigánský závrť sinkhole was recognised probably as a cave completely filled by sediments. The anomaly on profile P3 in the Úžlabí valley is probably a cave, but it is not definitively verified due to topoeffects and sedimentary layers, which have the same influence to the gravity as supposed cave. The anomaly on profile P4 near the Manželský závrť sinkhole is a free-space cave. Anomalies on profile P5 are probably two caves or sinkholes, filled by sediments.

### Úvod

V letech 2003 a 2004 byla pomocí gravimetrie (Blecha a Kalenda 2004, Blecha a kol. 2005) proměřena oblast nad známým koncem Holštejnské jeskyně (Zámek – Zatloukal 1993, Zatloukal et al. 1996) s cílem nalézt její další pokračování. Tato měření ukázala, že i jeskyně, zcela zaplněné sedimenty, jsou detekovatelné pomocí moderních přesných gravimetrů i v hloubkách, odpovídajících horní jeskynní úrovni v Moravském krasu (Hypr 1980, Kadlec 1995, 1996, 1997, 2001, Kalenda et al. 2004, Kalenda et al. 2005a, b). Tato úroveň se dnes nachází cca 60 m nad aktivním tokem Bílé Vody a Sloupského potoka a 40–50 m pod povrchem Ostrovské plošiny.

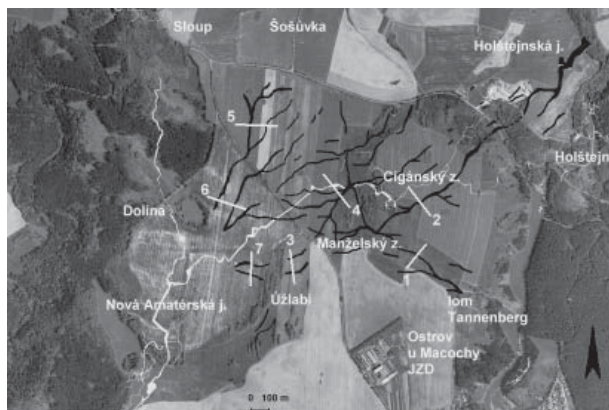
Na tato měření navázalo v roce 2005 plošné proměření oblasti Bukovinek a části Ostrovské plošiny pomocí gravimetrie (Kalenda et al. 2006), které kromě pokračování Holštejnské jeskyně ukázalo na další tíhové

anomálie, vyvolané podzemními dutinami. Pro velkou náročnost tíhových měření a dobrou korelaci vodivých zón a záporných tíhových anomálií bylo v letech 2006–8 použito metody Velmi Dlouhých Vln (VDV) pro detekci vodivých zón v hloubkách, odpovídajících horní jeskynní úrovni (Kalenda – Duras 2007, Kalenda – Duras 2008). Tato měření ukázala na spojitou síť vodivých zón, tedy možných jeskyní (viz obr. 1). Z metody VDV však není zřejmé, zda se jedná o volnou dutinu – jeskyni v pravém smyslu slova, nebo jen o neprůleznou puklinu, vyplněnou vodivými sedimenty, nebo o jeskyni, vyplněnou sedimenty. Pro toto rozlišení byla použita gravimetrie, která je schopna kvalitativně odlišit volné dutiny od sedimenty vyplněných puklin nebo jeskynních chodeb. V optimálním případě je možno kvalitativně posoudit i případnou velikost jeskynních profilů (Kalenda et al. 2006). Bylo proto navrženo celkem 7 profilů, probíhajících kolmo na vodivé zóny VDV v místech co nejméně ovlivněných terénními nerovnostmi nebo jinými vlivy (lesy, závrtý).

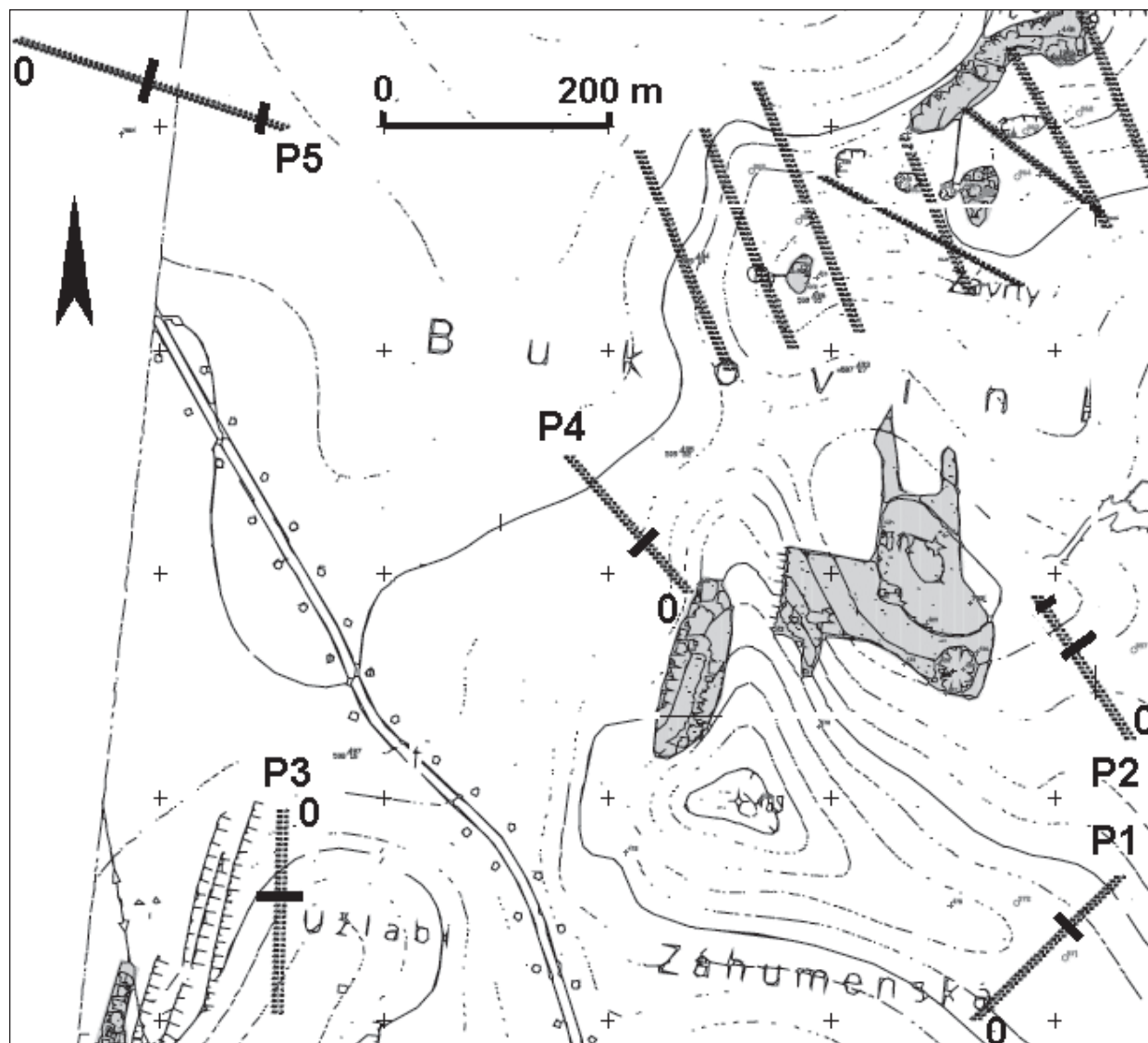
### Geologická situace

Téměř celá Ostrovská plošina leží na světle šedých vilémovických vápencích macošského souvrství několik set metrů jižně a západně od jejich kontaktu s břidlicemi na východě a zejména s drobnými protivanovského souvrství na severu. Sklon vápencových vrstev směřuje generálně k VJV pod ostrovské břidlice. Na zarovnaném povrchu vápenců leží několikametrová (3–4 m) vrstva kvartérní spraše.

Převládající tektonika směru SV–JZ až SSV–JJZ predisponovala kromě samotné Holštejnské jeskyně a níže položené jeskyně č. 68 (Zatloukal et al. 1996) také většinu jeskynních prostor v okolí. Sdružený tektonický směr SZ–JV až ZSZ–VJV využívají jeskynní systémy většinou jen pro obtoky a tyto pukliny jsou většinou zavřené (Štogr – Kučera 1997).



Obr. 1: Vodivé zóny detekované pomocí metody VDV (Kalenda a Duras 2008) a navržené tíhové profily (ortofotomapa Geodis).  
Fig. 1: Conductive zones detected by VLF method (Kalenda a Duras 2008) and suggested profiles of gravity measurements.



Obr. 2: Realizované tíhové profily s vyznačením poloh středů tíhových anomálií.

Fig. 2: Measured gravity profiles with positions of centers of gravity anomalies.

### Terénní práce a zpracování dat

Gravimetrické práce byly provedeny gravimetrem Scintrex CG-5 s citlivostí  $1 \mu\text{Gal}$  a měření bylo provedeno na pěti profilech (1–5) ze sedmi plánovaných z důvodu kolize s polními pracemi. Vzdálenost bodů na profilech byla 5 m. Délky jednotlivých profilů byly od 150 m (P2) do 250 m (P5). Celkem bylo proměřeno 189 bodů na profilech a 4 opakovaná měření na 7 opěrných bodech. Situace gravimetrických profilů je patrná z obr. 1 a 2. Střední kvadratická chyba, zjištěná z opakovaných měření, byla  $3 \mu\text{Gal}$ .

Všechny gravimetrické body byly v terénu polohově a výškově zaměřeny pomocí totální stanice. Relativní chyba v trigonometrickém určení nadmořské výšky nepřesáhla 3 mm a v pozici 10 cm (možný posun středu gravimetru vůči zaměřenému bodu).

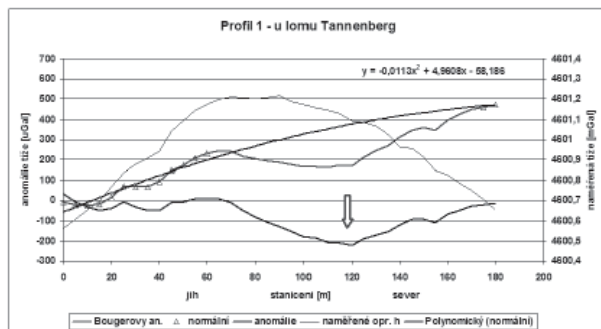
Naměřená data byla nejprve zpracována do formy relativních Bougerových anomálií s redukční hustotou  $2700 \text{ kg.m}^{-3}$ . Redukční hustota odpovídá měrné hmotnosti podložních vápenců. Reliéf terénu ve studovaném území je jen mírně zvlněný, kromě úvaly Úžlabí a klasické topografické korekce proto zaváděny nebyly. Účinek vzdá-

lenějších terénních nerovností byl odstraněn jako součást regionálního pole.

### Výsledky měření

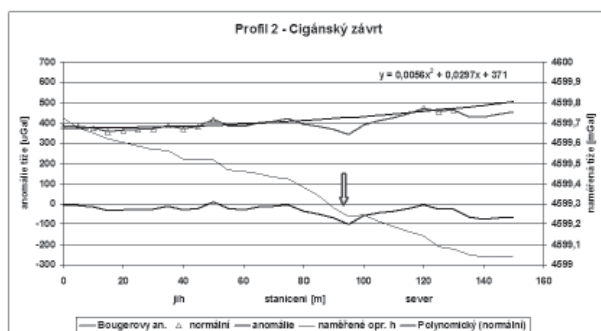
Výsledky měření byly zpracovány do profilů Bougerových a reziduálních anomálií (viz obr. 3–7). Od Bougerových anomálií bylo odečteno regionální pole tím způsobem, že krajními body profilu, u kterých bylo předpokládáno nejmenší ovlivnění anomálií, byla proložena křivka druhého řádu. Křivky se většinou výrazně nelišily od přímek. Rovnice křivek a jejich průběhy jsou uvedeny u každého profilu na obr. 3–7. Tato křivka byla považována za normální pole, neovlivněné anomálií uprostřed profilu. Rozdíl mezi křivkami Bougerových anomálií a křivkou normálního pole byl považován za tíhovou reziduální anomálii. Ve všech případech se jednalo o záporné tíhové anomálie, vyvolané nedostatkem hmot, a to v místech předpokládaných průběhů vodivých zón, tedy pravděpodobně jeskyní.

Na obrázku č. 3 jsou Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P1 přes úžlabí Záhumsko u lomu Tannenberg. Protože tíhově nelze odlišit zvýšení mocnosti



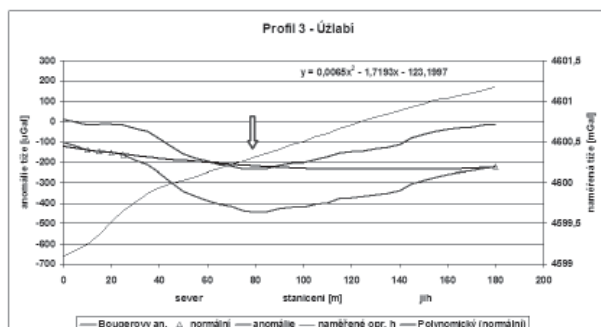
Obr. 3: Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P1.  
Fig. 3: Bouger's and residual anomalies on profile P1.

sedimentárního sprašového pokryvu v úžlabí od případné tíhové anomálie jeskyně, je možno pouze z faktu, že se střed anomálie ve staničení cca 120 m nekryje s osou údolí ve staničení přibližně 80 m, usuzovat na to, že tato anomálie není vyvolána zvýšením mocnosti spraše v údolí, ale volnými prostory pod staničeními cca 120 m. Tomuto faktu nasvědčuje i to, že ve vzdálenostech cca 40–50 m od profilu jsou v okolí staničení 120 m na obou stranách profilu závrty v řadě za sebou, paralelně s osou údolí.



Obr. 4: Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P2.  
Fig. 4: Bouger's and residual anomalies on profile P2.

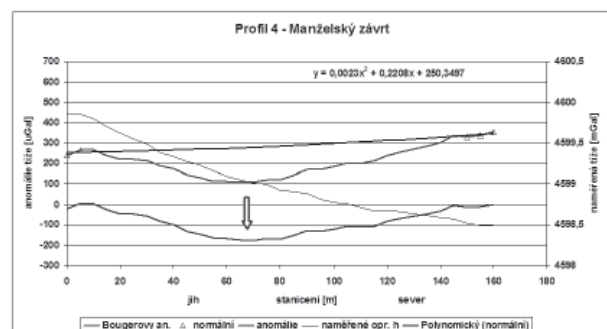
Na obrázku č. 4 jsou Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P2 u Cigánského závrtu. Právě tudy vede výrazná anomálie VDV, interpretovaná jako pokračování Holštejnské jeskyně (Kalenda a Duras 2008). Velikost anomálie cca 100  $\mu\text{Gal}$  je mnohem menší než anomálie na profilu P1, ale odpovídá velikostí anomálií v Bukovinkách (80–120  $\mu\text{Gal}$ ), interpretovaných jako částečně volné prostory 5×5 m v hloubkách cca 35 m (Kalenda a kol. 2006). Protože poloha předpokládaných prostor horní jeskynní úrovně by byla v okolí Cigánského závrtu v hloubkách



Obr. 5: Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P3.  
Fig. 5: Bouger's and residual anomalies on profile P3.

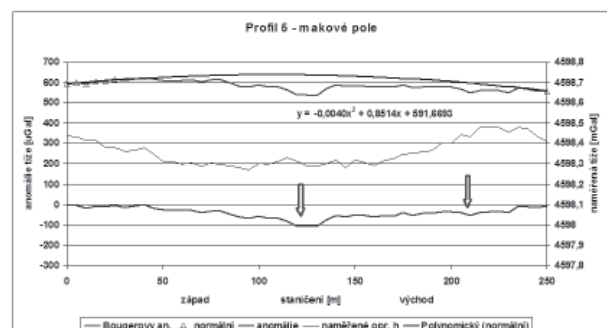
cca 40–45 m pod povrchem, je možno předpokládat, že se jedná o sedimenty vyplněnou jeskyni v této hloubce s minimálním nebo žádným volným prostorem nebo korozivní tektonickou strukturu, vyplněnou reziduem.

Na obrázku č. 5 jsou Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P3 v úvale Úžlabí. Protože obdobně jako na profilu P1 nelze odlišit změnu mocnosti sedimentu v úvale od projevu jeskyně v hloubkách cca 40 m, je možno pouze z faktu, že se střed anomálie nekryje se středem úvaly, usuzovat na to, že tíhová anomálie je pravděpodobně vyvolána volnými prostory pod profilem a nikoli změnou mocnosti spraši v úvale. Poloha středu anomálie odpovídá poloze vodivé zóny, zjištěné metodou VDV. Je možno, že se jedná i o dvě překrývající se anomálie, jak vyplývá z druhých derivací reziduální křivky.



Obr. 6: Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P4.  
Fig. 6: Bouger's and residual anomalies on profile P4.

Na obrázku č. 6 jsou Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P4 u Manželského závrtu. Zde je situace příznivá pro gravimetrii, protože celý profil leží nad hranou úvaly u Manželského závrtu na Ostrovské plošině a má mírný a jednotný sklon. Velikost tíhové reziduální anomálie cca 180  $\mu\text{Gal}$  odpovídá volným prostorům relativně velké jeskyně v hloubkách 40–50 m. Toto zjištění také odpovídá tomu, že se jedná o místo za soutokem několika přítoků od Šošůvky na severu a Holštejna na SV (viz obr. 1). Zde je možno reálně předpokládat, že anomálie VDV představuje volnou jeskynní chodbu, částečně vyplněnou vodivými sedimenty.



Obr. 7: Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P5.  
Fig. 7: Bouger's and residual anomalies on profile P5.

Na obrázku č. 7 jsou Bougerovy a reziduální tíhové anomálie na profilu P5 na makovém poli směrem k obci Sloup. Protože se jedná o mírně zvlněný terén, je zde vyšší věrohodnost interpretace anomálií. Obě interpretované

anomálie ve staničeních cca 120 m a 210 m odpovídají svou polohou vodivým zónám, zjištěným metodou VDV. Také z náznaku mírného propadu terénu v těchto místech je možno usuzovat buď na větší míru zkrasování povrchu plošiny, nebo na polohy zavezených závrtů nebo na sedimenty vyplněné jeskynní prostory v hloubkách okolo 50 m. Protože jak je známo z odkrytého povrchu krasu, bývají povrchové škrapy málo rozsáhlé a mají spíše vertikální charakter, přikláníme se v interpretaci k sedimenty vyplněným dutinám, ať už v závrttech nebo v jeskyních. Podle liniového charakteru anomálií VDV, které jsou sledovatelné na stovky metrů (Kalenda a Duras 2008), se jedná spíše o sedimenty vyplněné jeskynní prostory.

## Závěr

Gravimetrické měření na Ostrovské plošině nad vodivými anomálními liniemi VDV ukázalo, že ve všech případech jsou anomálie VDV provázeny zápornými tíhovými anomáliemi. Protože profily napříč úvalami na profilech P1 a P3 mohou zavést špatné předpoklady pro interpretaci, dá se usuzovat pouze z nesouhlasu středů zjištěných anomálií a osy údolí na to, že se může jednat spíše o projev jeskyní na obou profilech a nikoli o projev změny mocnosti sedimentárního sprašovitého pokryvu dna údolí.

Anomálie na profilech P2 u Cigánského závrtu a P5 na makovém poli měly malou amplitudu, odpovídající spíše sedimenty vyplněným jeskynním chodbám nebo zkrasovělým tektonickým liniím.

Jednoznačná interpretace volných jeskynních dutin je patrná pouze na profilu P4 u Manželského závrtu nad hranou úvaly. Také velikost anomálie cca 180  $\mu$ Gal je největší a srovnatelná s anomáliemi na profilech napříč úvalami na profilech P1 a P3, ale na rozdíl od nich zde nemohlo dojít ke zvětšení mocnosti spraše na povrchu vápenců právě uprostřed profilu.

## Literatura

- Blecha, V. – Kalenda, P. (2004): Gravimetrický průzkum Holštejnské jeskyně v Moravském krasu. – Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003. ČGS Praha, 128–130.
- Blecha, V. – Kalenda, P. – Mravec, P. – Kučera, J. (2005): Gravimetrický průzkum pokračování Holštejnské jeskyně. Speleofórum 2005, 6–8.
- Hypr, D. (1980): Jeskynní úrovně v severní a střední části Moravského krasu. – Sbor. Okr. muzea v Blansku, XII, 1980, Blansko, 65–79.
- Kadlec, J. (1995): Geofyzikální měření ve Sloupském a Holštejnském údolí. Rekonstrukce vývoje Sloupského údolí. – Knih. ČSS, 25.
- Kadlec, J. (1996): The Holstejn Valley in the Moravian Karst (in Czech). – in Zatloukal, R. (ed): Speleology in the Holstejn area. – Knih. Čes. speleol. Spol., Vol. 28, 7–12. Praha.
- Kadlec, J. (1997): Reconstruction of the development of semibind ponor valleys in Moravian Karst based on geophysical surveying, Czech Republic. – Proc. of the 12<sup>th</sup> Internat. Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, Switzerland, Vol. 1, 387–390.
- Kadlec, J. et al. (2001): Cenozoic history of the Moravian Karst (northern segment): Cave sediments and karst morphology. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol. 86 (2001), 111–160.
- Kalenda, P. – Kučera, J. – Duras, R. – Mravec, P. (2004): Zjišťování hloubek dna a vývoje Hrádkého žlebu. Speleofórum 2004, 19–22.
- Kalenda, P. – Kučera, J. – Mravec, P. (2005a): Vývoj říční sítě Moravského krasu. Acta Mus. Mor., XC(2005), 171–189.
- Kalenda, P. – Kučera, J. – Mravec, P. (2005b): Vývoj jeskynních systémů v severní části Moravského krasu s přihlédnutím k novým poznatkům z Holštejnské jeskyně. Acta Mus. Mor., XC (2005), 191–216.
- Kalenda, P. – Blecha, V. – Hrutka, M. – Mravec, P. (2006): Bukovinky – gravimetrické měření v Moravském krasu. – Speleofórum 2006, 77–78.
- Kalenda, P. – Duras, R. (2007): Bukovinky – měření metodou velmi dlouhých vln. Speleofórum 2007, 80–82.
- Kalenda, P. – Duras, R. (2008): Sledování pokračování horního jeskynního patra (Holštejnské jeskyně) pomocí metody VDV – 2008. – Geol. výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2007, 90–93.
- Štogr, J. – Kučera, J. (1997): Piková dáma a Spirálka. Monografie jeskyně. Plánivská speleologická skupina.
- Zámek, E. – Zatloukal, R. (1993): 26 let práce v Holštejnské jeskyni. – Speleo, 11, 22–25.
- Zatloukal, R. ed. (1996): Speleologie na Holštejnsku. Výzkumy v letech 1966–1996. – Knih. Čes. speleol. Spol., Sv. 28, Brno.